

Sborník vědeckých prací Vysoké školy báňské - Technické univerzity Ostrava

číslo 2, rok 2012, ročník XII, řada stavební

článek č. 1

Petr AGEL¹, Antonín LOKAJ²**LABORATORNÍ TESTOVÁNÍ ÚNOSNOSTI MECHANICKÉHO SPŘAŽENÍ
DŘEOBETONOVÉHO NOSNÍKU****LOAD BEARING CAPACITY TESTS OF MECHANICAL
JOINING ON TIMBER-CONCRETE BEAM****Abstrakt**

Dnešní dřevo-betonové kompozitní konstrukce jsou, pro spojení dobrých vlastností obou materiálů, vhodným řešením pro novostavby i rekonstrukce obytných, či občanských budov.

V odborné literatuře se objevuje mnoho způsobů jak spojení (spřažení) dřevěného trámu a betonové desky provést. Způsoby spřažení jsou stále více sofistikované, což s sebou nese i větší nároky na kontrolu provádění a technologický postup.

Cílem této práce je navrhnout technologicky nenáročný způsob spřažení, otestovat jeho únosnost a porovnat výsledky s jiným obdobným systémem spřažení.

Klíčová slova

Dřevo, beton, kompozit, spřažení, hřebík.

Abstract

Timber-concrete composite structures which use advantages of both materials are suitable for new works and reconstructions of civil and residential buildings.

There are described many methods of joining between timber beam and concrete slab in technical literature. Joints are more and more sophisticate which brings higher demands of work control and technology.

Main goal of this paper is in design technologically low demanding method of joining with steel plates and nails, to test its shear strength and compare it with other similar joining method.

Keywords

Timber, concrete, composite, joining, nail.

1 ÚVOD

Cílem práce bylo ověřit možnosti spřažení dřevo-betonových stropních, či střešních nosníků pomocí ocelových perforovaných plechů, které jsou k dřevěnému prvku přibity konvexními hřebíky.

Podmínkou při výběru spřahovacích prostředků bylo, aby prvky spřažení byly běžně dostupné a jejich použití nebylo technologicky náročné jako u jiných způsobů spřažení (např. lepené lišty,

¹ Ing. Petr Agel, Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 925, e-mail: petr.agel@vsb.cz.

² doc. Ing. Antonín Lokaj, Ph.D. Katedra konstrukcí, Fakulta stavební, VŠB-Technická univerzita Ostrava, Ludvíka Podéště 1875/17, 708 33 Ostrava-Poruba, tel.: (+420) 597 321 925, e-mail: antonin.lokaj@vsb.cz.

Výše zmíněný způsob sprážení by mohl být vhodný pro rekonstrukce, kde není možné stávající dřevěné prvky vyjmout a transportovat do dílny k jejich úpravě. Využití konvexních hřebíků se jeví jako výhodné i z hlediska opakovaného dynamického namáhání konstrukce (kmitání stropů) [6].

2 EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ

VZOREK OZN. T

KARI 5/100/100

KVH80/140

DESKY S PROLIS TRNY
140X95 TL: 1,5 mm

500

VZOREK OZN. B

KARI 5/100/100

KVH80/140

5X KONVEXNÍ HŘEBÍK
4,0X40

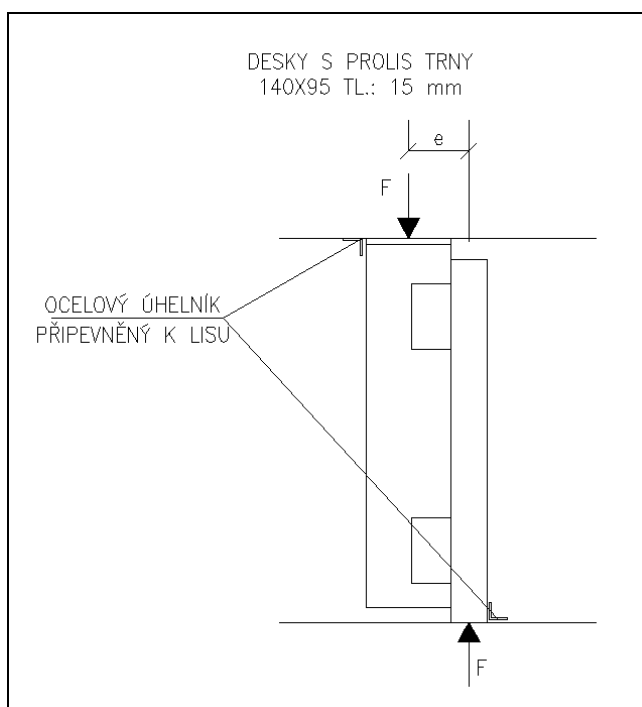
PLECHY BOVA
120X90 TL: 20 mm

5X KONVEXNÍ HŘEBÍK
4,0X40

500

K výrobě vzorků bylo použito betonu třídy C20/25 s výztuží KARI sítě třídy 10505 (drát Ø 5 mm, rastr 100/100 mm). Dřevěné trámy byly vyrobeny ze smrkového hoblovaného řeziva typ KVH o třídě pevnosti C24 a vlhkosti 12 %.

Vzorky byly podrobeny smykovému namáhání v přípravku uchyceném k lisu, který stabilizoval vzorek proti překlopení vlivem excentrického působení zatížení (obrázek č. 2)



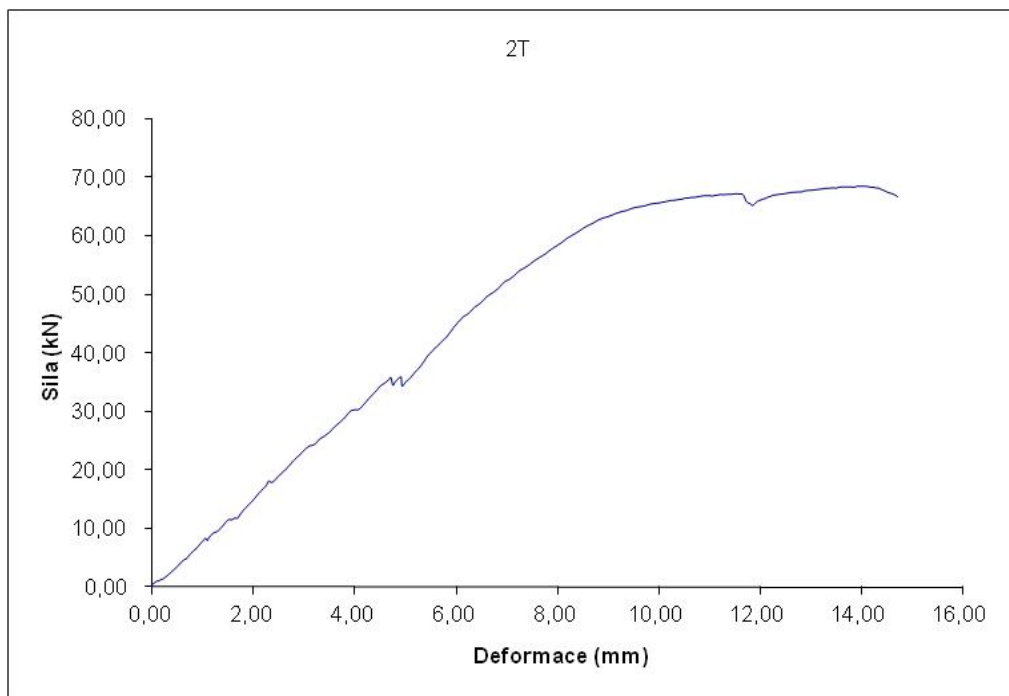
Obr. 2: Uchycení vzorků v lisu

3 VÝSLEDKY ZKOUŠEK

3.1 Spřažení pomocí desek s prolisovanými trny

V průběhu testování vykazaly vzorky spřažené ocelovými deskami s prolisovanými trny větší smykovou pevnost, než vzorky spřažené ocelovými plechy s konvexními hřebíky.

Při zatížení cca 36 kN (tj. přibližně 60 % maximální únosnosti) se v dřevěném nosníku objevila vlasová trhлина, přesně v úrovni vnější hrany styčnickové desky. Vznik této trhliny je patrný také na grafu závislosti deformace spřažení na zatěžovací síle (viz obrázek č. 3).



Obr. 3: Závislost síly a deformace vzorku

K finálnímu porušení spřažení došlo v ocelové desce, u níž se projevilo výrazné smykové zkosení tvaru (viz obrázek č. 4).

Graf (obrázek č. 3), popisující průběh zatěžovací zkoušky, má pružno-plastický tvar podobný pracovním diagramům tvárných ocelí. K porušení spřažení došlo po vyčerpání smykové pevnosti ocelových desek při zatížení 61,3 kN.

Nebylo pozorováno porušení betonové části. Kromě vlasové trhliny popsané výše nebylo zjištěno ani porušení dřeva.



Obr. 4: Zkosení styčnickové desky s prolisovanými trny při zkoušce

3.2 Spřažení pomocí styčnickových desek a konvexních hřebíků

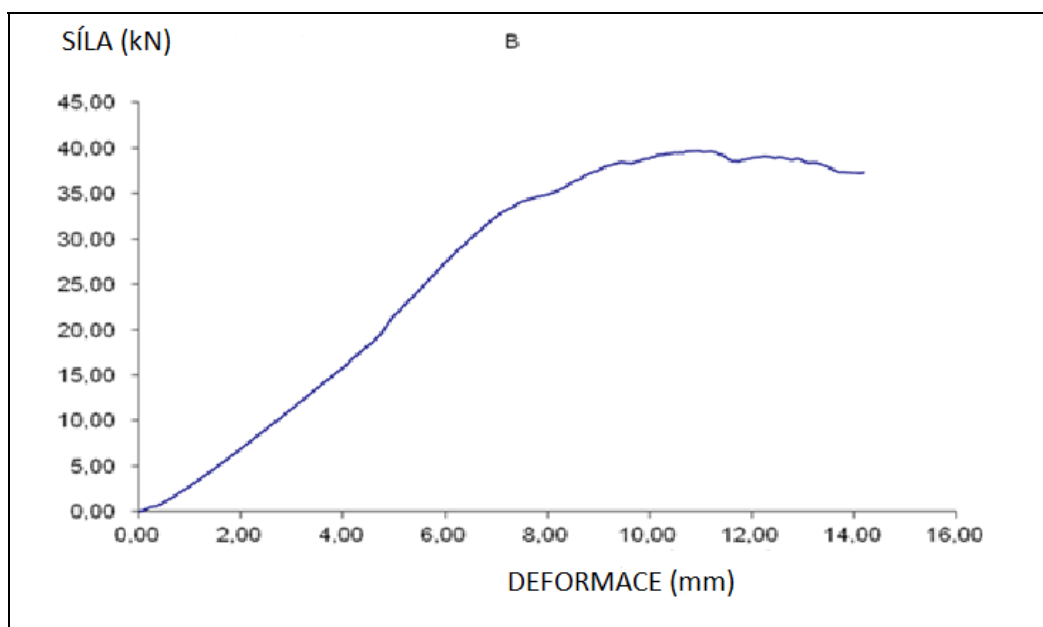
Průběh zkoušky spřažení ocelovými plechy tloušťky 2 mm a konvexními hřebíky o průměru 4 mm je zobrazen na grafu (posun spřažení v závislosti na zatížení viz obr. č. 6)

Během zkoušky byl pozorován jiný typ porušení než v předchozím případě. Diagram porušení spoje má odlišný tvar.

Ocelové plechy zůstaly neporušené, je však patrné výrazné porušení konvexních hřebíků ohybem. Vzájemný posun spřažených prvků je zřetelný i z fotografie, na které jasně viditelná světlejší vrstva dřeva, která byla původně plechem zakryta (viz obrázek č. 5). Styčnickové desky i beton zůstaly bez viditelného porušení.



Obr. 5: Posun desek při zkoušce



Obr. 6: Graf závislosti síly a deformace zkoušky na vzorku B

Výpočtem byla stanovena smyková únosnost všech čtyř ocelových plechů.

$$F_{v,d} = n \frac{0,6 \cdot f_{u,k} \cdot t \cdot (b - 4 \cdot R)}{\gamma_{M,2}} = 4 \cdot \frac{0,6 \cdot 500 \cdot 0,002 \cdot (0,12 - 0,02)}{1,25} = 192,0 \text{ kN} \quad (1)$$

Smyková únosnost jednostrážných spojů (dřevo / plech) skupiny 20 konvexních hřebíků je mnohem nižší, činí $F_{v,d} = 21,35 \text{ kN}$ (výpočet je proveden v tabulce č.1). [4] Výpočtová únosnost pro místní porušení betonu v tlaku je $F_{v,d} = 42,03 \text{ kN}$ [3].

Nejslabším článkem spřažení jsou v tomto případě hřebíky. Laboratorní zkouška tento předpoklad plně potvrdila.

Tab. 1: Výpočet únosnosti hřebíkového spoje

Vstupní hodnoty		Vypočtené hodnoty		Únosnot spojovacího prostředku			
d(mm)	4	$f_{h,1,k}$ (Mpa)	22,8288	$F_{v,R,d}=$	min	a) (kN)	21,35 kN
$f_{u,k}$ (Mpa)	380	$M_{y,r,k}$ (kNm)	0,066414			1,07	
α (deg)	0	k_{90}	1,36				
α (rad)	0	n (ks)	20				
ρ (kg/m³)	290					b) (kN)	
t_1	38					6,16	

4 ZÁVĚR

Z výsledků provedených zkoušek vyplývá, že výpočtem předpokládané porušení vzorku typu B je správné. Vzorek typu B má oproti vzorku typu T menší tuhost spřažení. Toto je patrně způsobeno malým počtem hřebíků ve spoji. Zvýšení tuhosti je možné použitím většího počtu konvexních hřebíků, případně zvýšením počtu ocelových desek.

Variabilita počtu hřebíků se jeví jako výhoda oproti použití desek s prolisovanými trny. Je tak možné spřažení lépe přizpůsobit požadavkům na únosnost a tuhost spřaženého prvku.

Jednotlivé komponenty spřaženého dřevobetonového nosníku (zejména dřevo a beton) i výsledné spřažené nosníky vykazují značnou variabilitu fyzikálně-mechanických vlastností. Z tohoto důvodu se jeví perspektivním do budoucna pravděpodobnostní přístup k navrhování a posuzování únosnosti těchto kompozitních nosníků (viz např. [7], [8]).

Dalším krokem ve výzkumu metody spřažení pomocí ocelových perforovaných plechů s konvexními hřebíky by mělo být testování na vzorcích dřevobetonových nosníků reálných rozměrů čtyřbodovým ohybem. Vhodné by bylo také otestování odezvy těchto nosníků na cyklické namáhání.

PODĚKOVÁNÍ

Príspevek byl vytvořen za podpory studentské grantové soutěže na FAST VŠB-TU Ostrava.

LITERATURA

- [1] AHMADI, B.H., Behavior of composite timber-concrete floors. In *Journal of structural engineering New York*, 1993, volume 109. number 11, pp. 3111-3130, ISSN: 07339445
- [2] MANARIDIS, A., *Evaluation of timberconcrete composite floors*. Lund: Lund Universitet. (2010). 131 pp. ISSN 0349-4969
- [3] KOŽELOUH, B., *Dřevěné konstrukce podle Eurokódu 5: Step 2*, První vydání, Praha: Informační centrum ČKAIT. 2007. 375 pp. ISBN 80-86- 769-13-5
- [4] LOKAJ, A., VAVRUŠOVÁ K., RYKALOVÁ E. Application of laboratory tests results of dowel joints in cement-splinter boards VELOX into the fully probabilistic methods (SBRA

method). In *Applied Mechanics and Materials*. 2011, volume 187. Number 1, pp. 95-99. ISSN 16609336

- [5] STEINBERG, E., SELLE R., FAUST T., Connectors for timber-lightweight concrete composite structures. *Journal of structural engineering ASCE*. 2003. Volume 129. number.11, pp. 1538-1545. ISSN 0733-9445
- [6] DIAS, A.M.P.G. & LOPES S.M.R & VAN DE KUILEN J.W.G & CRUZ H.M.P. Load-carrying capacity of timber-concrete joints with Dowel-type fasteners. *Journal of structural engineering ASCE*. 2007, volume 133. Number 5, pp. 720-727. ISSN 0733-9445
- [7] JANAS, P., KREJSA, M., KREJSA, V., Structural reliability assessment using a direct determined probabilistic calculation. In *Proceedings of the 12th International Conference on Civil Structural and Environmental Engineering Computing*. Funchal, Madeira, 1.-4. September 2009. ISBN 978-190508830-0.
- [8] LOKAJ, A., MAREK, P., Simulation-based Reliability Assessment of Timber Structures. In *Proceedings of the 12th International Conference on Civil Structural and Environmental Engineering Computing*. Funchal, Madeira, 1.-4. September 2009. ISBN 978-190508830-0.

Oponentní posudek vypracoval:

Doc. Ing. Jaroslav Sandanus, PhD., Katedra kovových a drevených konštrukcií, Stavebná fakulta, STU v Bratislavě.

Doc. Ing. Bohumil Straka, CSc., Ústav kovových a dřevěných konstrukcí, Fakulta stavební, VUT v Brně.